

Norma IRAM 2281 - Parte 2  
Diciembre 1986  
CDU 621.316.99.001.3  
\* CFA 5975

**CODIGO DE PRÁCTICA PARA PUESTA  
A TIERRA DE SISTEMAS ELÉCTRICOS**  
**Gufa de mediciones de magnitudes de puesta a tierra  
(resistencia, resistividades y gradientes)**



**INSTITUTO ARGENTINO DE  
RACIONALIZACIÓN DE  
MATERIALES**

\* Corresponde a la Clasificación Federal de Abastecimiento asignada por el Servicio Nacional de Catalogación dependiente del Ministerio de Defensa.

Queda hecho el depósito que marca la ley N° 11723 - Prohibida la reproducción - IRAM - INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES - Chile 1192 - 1098 Buenos Aires - República Argentina - Impresa en sus talleres en Diciembre 1986



El estudio de esta norma estuvo a cargo de los organismos respectivos, integrados en la forma siguiente:

Comisión de Puesta a tierra

<u>Integrante</u>	<u>Representa a:</u>
Ing. J. C. Arcioni	SEGBA Y AEA
Sr. N. H. Flores	DPE - SANTA FE
Ing. D. Galinovic	AGUA Y ENERGIA ELECTRICA
Ing. A. Guarnaschelli	DPE - SANTA FE
Ing. J. M. Lenti	DPE - SANTA FE
Sr. A. Medici	DPE - SANTA FE
Ing. E. Niesz	ENACE
Ing. R. Palese	SEGBA
Ing. D. F. Pepe	SADE
Ing. A. Pereira	ENTEL
Ing. O. Raiti	DEBA
Ing. E. Vilches	INSTITUTO IRAM

Comité General de Normas (C.G.N.)

Dr. V. Alderuccio	Ing. C. A. Loza Colomer
Ing. J. V. Casella	Ing. S. Mardyks
Dr. E. Catalano	Ing. R. Martínez
Ing. D. Donegani	Dr. E. Miró
Ing. G. C. Edo	Dr. A. F. Otamendi
Lic. C. A. Grimaldi	Ing. G. Schulte
Dr. A. Grosso	Sr. F. R. Soldi
Ing. S. Ituarte	Prof. M. P. Mestanza
Dr. A. E. Lagos	

(Continúa en página 20)

CODIGO DE PRACTICA PARA PUESTA A TIERRA DE SISTEMAS ELECTRICOSGuía de mediciones de magnitudes de puesta a tierra(resistencia, resistividades y gradientes)

CDU 621.316.99.001.3

\* CFA 5975

0 - NORMAS POR CONSULTAR

<u>IRAM</u>	<u>TEMA</u>
2 281 - Parte I	Consideraciones generales
2 281 - Parte III	Consideraciones particulares para inmuebles
2 281 - Parte IV	Centrales, subestaciones y redes
20318	Descargadores de sobretensiones. Tipo a resistor no lineal
3 604	Guantes de protección eléctrica, de elastómero
3 6200	Cascos de seguridad de uso industrial.

1 - OBJETO

1.1 Describir las técnicas de medición de la resistencia de dispersión a tierra, resistividad del suelo y gradientes de potencial resultantes de corrientes dispersadas por el suelo. La guía pretende asistir al Ingeniero y al Técnico a fin de obtener información precisa, pero no en su interpretación técnica. Indica procedimientos de ensayo que propenden a la seguridad personal, de los bienes y a la prevención de eventuales interferencias en las instalaciones próximas al lugar de las mediciones.

\* Corresponde a la Clasificación Federal de Abastecimiento asignada por el Servicio Nacional de Catalogación dependiente del Ministerio de Defensa.



## 2 - ALCANCE

2.1 Los métodos de ensayo que trata esta guía son:

- a) medición de resistencias de dispersión a tierra, desde electrodos pequeños hasta importantes sistemas de puesta a tierra de centrales, subestaciones y redes;
- b) medición de resistividad del suelo;
- c) estudios de potenciales de tierra, incluyendo las mediciones de las tensiones del paso y de contacto y estudios de potenciales de contorno.

2.2 Los métodos enumerados en 2.1 son los que emplean corriente continua periódicamente invertida, o corriente alterna de frecuencia industrial. Esta guía no pretende tratar todos los métodos posibles, aún dentro de las limitaciones citadas.

2.3 Resulta raras veces posible obtener una gran exactitud debido a las diversas variables que se presentan. Por lo tanto las mediciones se deben realizar cuidadosamente con el mejor método disponible y con un claro conocimiento de las posibles fuentes de error.

## 3 - FINALIDADES DE LOS ENSAYOS

3.1 Las mediciones de resistencias de dispersión a tierra y gradientes de potencial en el suelo debido a las corrientes a tierra son necesarias para:

- a) diseñar la puesta a tierra para seguridad personal y de los bienes;
- b) verificar si un nuevo sistema de puesta a tierra es apto;
- c) detectar cambios o modificaciones en un sistema de puesta a tierra existente;
- d) determinar tensiones peligrosas del paso y de contacto para personas o animales.



#### 4 - DEFINICIONES

4.1 resistencia mutua de electrodos de puesta a tierra. La resistencia mutua de dos electrodos de puesta a tierra es equivalente a la caída de tensión en uno de ellos producida por un amper de corriente continua que circula por el otro.

4.2 acoplamiento. Disposición de dos o más circuitos (o sistemas) de manera tal que se pueda transferir potencia de uno a otro.

4.2.1 acoplamiento capacitivo. El debido a la capacitancia mutua.

4.2.2 acoplamiento resistivo. El debido a la resistencia mutua.

4.2.3 acoplamiento inductivo

- a) En circuitos de comunicaciones, el debido a la inductancia mutua de los circuitos;
- b) En la práctica de la coordinación inductiva, el acoplamiento inductivo es la influencia de circuitos eléctricos de potencia próximos a circuitos de comunicaciones, mediciones, etc., mediante inducción eléctrica o magnética o ambas.

#### 5 - CONDICIONES GENERALES

##### 5.1 VALOR TEORICO DE LA RESISTENCIA DE DISPERSION A TIERRA

5.1.1 El valor calculado o teórico de la resistencia de un electrodo respecto a la tierra de referencia puede variar considerablemente del valor que se mide debido a los factores siguientes:

- a) condiciones del suelo en el momento en que se efectúa la medición;
- b) amplitud del estudio de la resistividad, por ejemplo: número y dispersión de ensayos, distancia entre sondas, etc.;
- c) superficie y configuración de los electrodos enterrados;
- d) efecto de los conductores enterrados en las adyacencias.



5.1.2 Con el fin de disminuir la causa de error al establecer la relación entre resistividad del suelo y resistencia de dispersión a tierra es aconsejable efectuar las mediciones de resistividad y de resistencia en condiciones climáticas similares.

5.1.3 En lugares donde la resistividad varía con la distancia entre sondas y en consecuencia con la profundidad, la resistencia de dispersión de un electrodo enterrado, medida en la vecindad del lugar, generalmente habrá de correlacionarse mejor con los valores de resistividad a niveles más profundos que con aquellos valores medidos próximos a la superficie. Por esta razón los estudios de resistividad para centrales, subestaciones, redes, etc., se deben efectuar con distancias entre sondas de 15 m o más.

## 5.2 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD DURANTE LAS MEDICIONES

### 5.2.1 Mediciones en centrales, subestaciones y redes

5.2.1.1 Todo el personal interviniente en las mediciones debe saber que pueden presentarse tensiones peligrosas entre el electrodo a medir y la tierra de referencia, si en el momento de la medición ocurre una falla o cortocircuito a tierra en la red próxima al electrodo.

5.2.1.2 Uno de los objetos de las mediciones de puesta a tierra es establecer la posición de la tierra de referencia para ambos electrodos, de corriente y de potencial, los conductores de estos electrodos deben ser considerados por el personal como si estuvieran con tensión contra tierra, como así también cualquier otro punto de la instalación de puesta a tierra de la central, subestación o red. Los conceptos precedentes apuntan a la necesidad de precaución cuando se manipulan los conductores de medición. En ninguna circunstancia se debe permitir que ambas manos (u otras partes del cuerpo) cierren el circuito entre puntos de posibles diferencias de potencial peligrosas. Esta posibilidad no debe descartarse, si bien es cierto que son muy poco probables las fallas o cortocircuitos a tierra durante las mediciones.

5.2.1.3 El empleo de guantes, calzado y otros elementos aislantes es aconsejable en numerosas circunstancias. Su uso estará reglamentado por la autoridad competente en seguridad eléctrica.



### 5.2.2 Medición de puesta a tierra de descargadores de sobretensión

5.2.2.1 Estas puestas a tierra son consideradas en una categoría especial debido a la duración extremadamente corta de las corrientes derivadas a tierra por los descargadores de sobretensión. Estas corrientes pueden exceder 50 000 A de cresta con la posibilidad de la afluencia de corrientes de cortocircuito en el caso de descargadores defectuosos.

5.2.2.2 Las tomas de tierra de los descargadores de sobretensión nunca se deben medir con los descargadores en servicio, debido a la posibilidad de un elevado gradiente de potencial alrededor de su toma a tierra.

### 5.2.3 Medición de tomas de tierra pequeñas y aisladas

5.2.3.1 Si no es posible que circulen corrientes por la toma de tierra a medir, sólo es necesario tomar precauciones por la presencia de gradientes de tensión alrededor de los electrodos y sondas de medición.

5.2.3.2 Si la corriente atraviesa un electrodo alejado (como en el método de caída de tensión), es útil prevenir que haya personas que puedan aproximarse al electrodo de corriente durante la medición. Además, en áreas rurales se debe evitar que el ganado permanezca cerca de los electrodos de corriente durante la medición.

## 5.3 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LAS MEDICIONES

### 5.3.1 Dificultades

5.3.1.1 Las mediciones de resistencia de dispersión a tierra y de gradientes de potencial introducen numerosas dificultades que no se encuentran en otras mediciones de resistencias y de potencial.

5.3.1.2 Puede ser necesario hacer múltiples mediciones y graficar tendencias. Las corrientes vagabundas y otros factores pueden interferir en las mediciones.

5.3.1.3 Con el desarrollo y el crecimiento de industrias adyacentes a centrales, subestaciones y redes, se torna cada vez más difícil elegir una adecuada dirección o ubicación para los electrodos y sondas de medición de resistencia. Más aún, la conexión a tierra de hilos de guardia, caños de agua, envolturas metálicas de cables, etc., tienen el efecto físico de distorsionar y prolongar la red de puesta a tierra de centrales, subestaciones y otras instalaciones eléctricas.



5.3.1.4 En la medición de la instalación de puesta a tierra de una central, subestación o red, se debe dejar asentado el terreno durante un año después de la construcción para asegurar una buena compactación del suelo, y así lograr una mayor exactitud.

5.3.1.5 Para tener la certeza de que no se han omitido conexiones a tierra de aparatos, equipos, etc., que normalmente deben estar conectados a la red de tierra y que dichas conexiones han sido realizadas en forma correcta, se debe medir la resistencia de dispersión a tierra desde cada aparato o equipo, inmediatamente después de que ha sido construida la instalación de puesta a tierra.

5.3.2 Corrientes continuas vagabundas. La conducción eléctrica en los suelos es electrolítica, y el flujo de corriente continua resulta de la acción química y de las diferencias de potenciales debido a la polarización. Los potenciales (ff. ee. mm.) de corriente continua se producen entre distintos tipos de suelos y entre los suelos y los metales por acción galvánica.

Los potenciales galvánicos, la polarización y las eventuales corrientes continuas vagabundas, pueden interferir seriamente con las mediciones de corriente continua. Por lo tanto, se emplea corriente continua periódicamente invertida para efectuar las mediciones. Sin embargo, cuando se emplea corriente continua periódicamente invertida, para mediciones de resistencia, los resultados serán bastante concordantes, pero ellos pueden ser dudosos para algunas aplicaciones de corriente alterna.

Cuando una corriente alterna de determinada frecuencia se emplea para mediciones de resistencia de puesta a tierra, los resultados pueden no ser aplicables para otras frecuencias.

### 5.3.3 Corrientes alternas vagabundas

5.3.3.1 Las corrientes alternas vagabundas en el suelo, presentan una complicación adicional en los sistemas de puesta a tierra que se miden, incluso en los electrodos y sondas de ensayo. Los efectos de corrientes alternas vagabundas pueden ser mitigados en las mediciones de resistencia de dispersión a tierra mediante la utilización de una frecuencia que no coincida con ninguna de las frecuencias de esas corrientes. La mayoría de los aparatos de medición emplean frecuencias comprendidas entre 50 Hz y 1 500 Hz. El efecto de las tensiones resultantes que provienen de corrientes alternas vagabundas también se puede mitigar, si ellas son razonablemente permanentes, mediante el equilibrio de tales tensiones en el aparato de medida con una tensión de igual módulo y fase opuesta.





5.3.3.2 En algunos casos las mediciones simultáneas de corrientes vagabundas y de las tensiones resultantes proporcionan una indicación útil en la medición de la resistencia de dispersión a tierra.

#### 5.3.4 Componente reactiva de la impedancia de una red de puesta a tierra extensa

5.3.4.1 La impedancia de una red de puesta a tierra extensa puede tener una significativa componente reactiva.

5.3.4.2 Por lo tanto deben tomarse ciertas precauciones cuando se miden impedancias a 50 Hz en una red de puesta a tierra extensa. Para tales mediciones el instrumento debe trabajar aproximadamente a 50 Hz, pero la frecuencia de medición debe ser ligeramente superior o inferior a 50 Hz a fin de obtener resultados más seguros.

5.3.4.3 La mayoría de los instrumentos emplean para estas mediciones una corriente periódicamente invertida.

### 6 - MÉTODOS DE ENSAYO

#### 6.1 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DE LOS SUELOS

##### 6.1.1 Método de dos puntos

6.1.1.1 Pueden efectuarse mediciones aproximadas de la resistividad de suelos inalterados (naturales) con el instrumento de medición de resistividad SHEPARD, y por métodos similares de dos puntos.

6.1.1.2 El aparato consiste en dos electrodos (uno de ellos más pequeño), ambos conectados a una pértiga aislante. El borne positivo de una batería se conecta a través de un miliamperímetro al electrodo más pequeño, y el borne negativo al otro electrodo. El instrumento puede ser calibrado para leer directamente en ohm-centímetro a la tensión nominal de la batería.

6.1.1.3 Este tipo de aparato es fácilmente transportable. Con él pueden efectuarse numerosas mediciones rápidas en volúmenes reducidos de suelo, por ejemplo en orificios efectuados en el suelo o en las paredes o en el fondo de excavaciones.



### 6.1.2 Método de cuatro puntos.

6.1.2.1 El método de los cuatro puntos es el más seguro en la práctica para la medición de la resistividad promedio de extensos volúmenes de suelos inalterados (naturales).

6.1.2.2 Se hincan en el suelo cuatro electrodos pequeños, todos a la profundidad "b" y dispuestos en línea recta a distancias "a" entre ellos.

6.1.2.3 Una corriente  $I$  de medición pasa a través de los dos electrodos exteriores y se mide la tensión  $U$  entre los dos electrodos interiores, con un potenciómetro o un voltímetro de alta impedancia.

6.1.2.4 La relación  $\frac{U}{I}$  da la resistencia  $R$ , en ohm, que reemplazada en la ecuación siguiente:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R \text{ (ohm} \cdot \text{m)}$$

da aproximadamente la resistividad promedio del suelo a una profundidad igual a la distancia "a" (m).

6.1.2.5 La profundidad de incado "b", debe ser:

$$b \leq 0,1 \cdot a$$

o preferiblemente:

$$b \leq 0,05 \cdot a$$

6.1.2.6 Un conjunto de lecturas tomados con diferentes distancias "a", permite construir un diagrama de resistividades en función de la profundidad, que conviene representar en papel doble logarítmico. Este diagrama, correctamente interpretado, indica si existen distintas capas de suelos rocas, sus respectivas resistividades y la profundidad de la capa superior.

### 6.1.3 Muestras de suelos

6.1.3.1 La resistividad de muestras de suelos se puede medir mediante el método de los cuatro puntos colocando la muestra, en una caja prismática pequeña, de sección transversal cuadrada, disponiendo de cuatro (4) electrodos igualmente distanciados en línea recta. El largo de la caja debe ser función de la distancia central "a".



6.1.3.2 La determinación de la resistividad del suelo a partir del valor de la resistencia medida entre las caras expuestas de una muestra de suelo de dimensiones conocidas, es menos exacta que la obtenida por el método de cuatro puntos debido a que las resistencias de contacto de la muestra del suelo y los electrodos de ensayo, quedan incluidas en el valor medido.

6.1.3.3 Es dificultoso y en algunos casos imposible de obtener una buena aproximación de la resistividad del suelo, partiendo de medidas de resistividad tomadas de muestras. Esto es debido a la dificultad de obtener en forma representativa en las cajas de ensayos, muestras homogéneas con la compactación y el contenido de humedad originales del suelo.

## 6.2 MÉTODOS DE MEDICION DE RESISTENCIA DE DISPERSION A TIERRA

### 6.2.1 Generalidades

6.2.1.1 La resistencia de dispersión a tierra de un electrodo generalmente se determina con corriente alterna o con corriente continua, periódicamente invertida, para evitar posibles efectos de polarización.

6.2.1.2 La frecuencia de esta corriente alterna ( $f_g$ ) está dada por la fórmula siguiente:

$$f_g = \frac{2.n + 1}{2} \cdot f_1 \pm 10 \text{ Hz} \quad (\text{Hz})$$

siendo:

$f_g$  la frecuencia de operación del generador del instrumento, en hertz;

$f_1$  la frecuencia industrial (50 Hz);

$n$  un número entero.

### 6.2.2 Método de los dos puntos

6.2.2.1 Con este método se mide la resistencia total de la toma de tierra desconocida y de otra auxiliar. La resistencia de dispersión a tierra de la toma auxiliar se presupone despreciable en comparación con la resistencia a tierra desconocida.



6.2.2.2 Obviamente este método está sujeto a grandes errores para pequeños valores de resistencia de dispersión a tierra pero es muy útil y adecuado en los ensayos "por sí o por no", cuando ello es todo lo que se requiere.

### 6.2.3 Método de los tres puntos

6.2.3.1 Este método requiere el uso de dos tomas de tierra auxiliares con sus resistencias de dispersión a tierra designadas con  $R_2$  y  $R_3$ . La resistencia a medir se designa con  $R_1$ . Se miden las resistencias entre cada par de tomas de tierra que se designan con:  $R_{12}$ ,  $R_{13}$  y  $R_{23}$ , donde  $R_{12} = R_1 + R_2$ , etc.

6.2.3.2 Resolviendo las ecuaciones simultáneas resulta que:

$$R_1 = \frac{R_{12} + R_{13} - R_{23}}{2}$$

6.2.3.3 Si las dos tomas de tierra auxiliares son de mayor resistencia que la toma de tierra a medir, los errores en las mediciones individuales serán significativamente magnificados en el resultado final obtenido con la fórmula anterior. Para tales mediciones, los electrodos deben estar colocados a suficiente distancia entre sí. En caso contrario pueden obtenerse resultados absurdos en los cálculos, tal como un valor nulo o incluso resistencias negativas.

6.2.3.4 Para tomas de tierra de áreas extensas, las cuales presumiblemente son de resistencias pequeñas, las distancias entre electrodos deberán ser del orden de dimensión de la diagonal mayor del área a medir.

6.2.3.5 Este método se vuelve dificultoso para instalaciones de puesta a tierra de centrales y subestaciones grandes y redes extensas. En este caso resulta preferible el método de caída de tensión.

### 6.2.4 Método de caída de tensión

6.2.4.1 Este método tiene varias aplicaciones y es adecuado para todos los tipos de mediciones de resistencia de puesta a tierra. La resistencia de una red de puesta a tierra extensa puede tener una componente reactiva apreciable cuando la resistencia es menor que 0,5 ohm. Por lo tanto el valor medido con voltímetro y amperímetro es de "impedancia"\* y de este modo se debe considerar, no obstante que la terminología generalmente es de "resistencia de dispersión a tierra" porque los instrumentos de medición directa (telurímetros) miden resistencias puras.

\* Ver Informe Técnico.



6.2.4.2 El método consiste en hacer pasar una corriente por la toma de tierra a medir y por un electrodo auxiliar de corriente.

6.2.4.3 Este electrodo auxiliar de corriente debe estar fuera de la influencia de la toma de tierra a medir. Teóricamente la influencia se extiende al infinito pero en la práctica existe un límite porque ella varía inversamente con la distancia respecto de la toma de tierra a medir según una ley exponencial. La caída de tensión se mide entre la toma de tierra desconocida y un electrodo o sonda de tensión o potencial ubicado entre esa toma y el electrodo de corriente. En el caso de tomas de áreas reducidas o de simples jabalinas, la influencia se supone despreciable a unos 50 m.

6.2.4.4 El electrodo de potencial se coloca a mitad de camino entre el electrodo de corriente y la toma de tierra a medir.

6.2.4.5 En una toma (red) de área extensa, de resistencia a tierra de baja "impedancia", el electrodo de potencial se debe trasladar respecto de la toma a medir, en forma escalonada. En cada escalón o etapa, se anota el valor de resistencia o "impedancia". Esta resistencia se representa como una función de la distancia entre la toma y el electrodo de potencial. El valor con el que la curva tiende a nivelarse, se toma como el valor de la resistencia ("impedancia") de la toma de tierra que se mide.

6.2.4.6 Una curva representativa de una toma de tierra de "impedancia" pequeña se muestra en la figura 1. La curva B ilustra el efecto de acoplamiento descrito en 6.4. Los datos para este gráfico, se tomaron de mediciones realizadas en una central con una red de mallas de puesta a tierra de aproximadamente 120 m x 145 m.

6.2.4.7 Las distancias se midieron desde el cerco de la central. En consecuencia, la "impedancia" no es nula en el origen de la curva A.

6.2.4.8 En la curva A (fig. 1) la impedancia parece "nivelarse" a unos 200 m. Esta distancia de 200 m puede indicar la zona de influencia de esta toma de tierra particular (que se puede emplear para colocar la toma de tierra "remota" para neutralizar los transformadores empleados en circuitos de comunicaciones).

6.2.4.9 De las mediciones se determinó que el electrodo de corriente queda dentro de la zona de influencia de la red de tierra de la central, por lo tanto se lo debe desplazar más lejos aún de la toma de tierra que se mide. De otro modo, el valor indicado de la impedancia de dispersión será menor que en la curva A de la figura 1.



6.2.4.10 En la figura 2 se muestran curvas para tomas de tierra de mayor impedancia que las de la figura 1. No hay posiciones preferenciales de los electrodos en este caso, como se puede ver de los valores indicados, dado que los efectos de acoplamiento comprenden una parte muy pequeña del valor óhmico total. La disposición más práctica de los electrodos consiste en colocarlos en la misma dirección geométrica, es decir alineados (fig. 3). De no ser posible se puede optar por la disposición indicada en la figura 4 (direcciones perpendiculares).

### 6.3 ELECTRODOS AUXILIARES

6.3.1 Método de los dos puntos. Se supone que habrán de emplearse los electrodos existentes, es decir que deben estar disponibles electrodos de referencia de muy baja resistencia (por ejemplo de 1/5 de la que se desea medir). De lo contrario debe emplearse otro método.

#### 6.3.2 Método de los tres puntos

6.3.2.1 Se requieren dos electrodos adicionales para la medición, que deberían tener cada uno un valor de resistencia del mismo orden que la resistencia a tierra a medir.

6.3.2.2 Como regla general, los electrodos adicionales no deben tener una resistencia mayor que cinco veces la de la toma de tierra a medir. En caso contrario la medición puede dar resultados absurdos, como por ejemplo, la medición de tomas de tierra con baja resistencia empleando dos electrodos adicionales de alta resistencia.

6.3.3 Método de la caída de tensión. Los requisitos de los electrodos no son tan críticos. Los electrodos de corriente deben tener una resistencia lo suficientemente baja para permitir el paso de corriente durante la medición con la tensión disponible para la medición. La resistencia del electrodo de corriente no afecta la exactitud de los resultados cuando este electrodo está colocado fuera de la zona de influencia de la toma de tierra a medir.

### 6.4 MEDICIONES DE LAS TENSIONES DE CONTACTO Y DE PASO. (Veáse también la norma IRAM 2 281 - Parte III.).

6.4.1 Deben determinarse con un voltímetro que tenga una resistencia interna de aproximadamente 1 000  $\Omega$ . Los electrodos de medición para simular a los pies, deben tener una superficie total de 400 cm<sup>2</sup>.



6.4.2 Se deben apoyar sobre el piso con una fuerza total de 500 N a 800 N. En lugar de los electrodos de medición se pueden usar también jabalinas enterradas de 20 cm a 30 cm de profundidad.

6.4.3 En la medición de la tensión de contacto en una parte de la instalación, el electrodo debe colocarse a 1 m de distancia de la parte a medir. En dicho lugar se debe colocar una tela mojada para la placa o regarse con agua para la jabalina.

6.4.4 Como electrodo de medición para simular la mano puede utilizarse, por ejemplo, un electrodo de punta. Se pueden perforar las capas de pintura en el punto de medición pero no las aislaciones.

6.4.5 Uno de los bornes del voltímetro se conecta al electrodo de mano y el otro al electrodo de pie o bien ambos bornes a los electrodos de pie.

6.4.6 Para tener rápidamente una idea sobre el límite superior de las tensiones de contacto, es común la medición con un voltímetro de alta resistencia interna y una sonda de aproximadamente 10 cm de profundidad.

6.4.7 En los puntos de medición en los que la resistencia de dispersión del electrodo de pie no es mayor que algunos centenares de ohm, da buenos resultados la medición combinada con voltímetro de alta y baja resistencia interna.

## 6.5 ACOPLAMIENTO ENTRE CIRCUITOS DE MEDICION

6.5.1 El efecto del acoplamiento es de importancia solamente cuando las impedancias de las tomas de tierra a medir son de 1 ohm o menores. Cuando la toma de tierra a medir es de área extensa y puede tener una impedancia menor que  $0,1 \Omega$ , el acoplamiento puede introducir un error, igual al valor óhmico de la toma de tierra a medir.

6.5.2 El acoplamiento inductivo en las tomas de tierra a medir ocasiona un error cuando la corriente en el conductor del electrodo de corriente de medición induce una tensión en el conductor del electrodo de potencial. Además, la corriente de retorno de medición que circula por el suelo desde el electrodo de corriente, provoca una caída de tensión en el suelo debido al acoplamiento del camino de retorno por el suelo. Este acoplamiento es del orden de 1 miliohm por metro pero este valor puede variar mucho con la resistividad del suelo.

6.5.3 Si los efectos del acoplamiento tienen una influencia apreciable sobre los resultados de las mediciones, estos efectos se pueden reducir al mínimo ubicando el electrodo de potencial en la misma dirección, pero en sentido contrario al de los electrodos de corriente para evitar acoplamientos inductivos entre los conductores de corriente y de potencial (fig. 3). Donde no resulte práctica la disposición de los conductores antes citada, se puede obtener un resultado satisfactorio colocando los conductores de corriente y de potencial perpendiculares entre sí (fig. 4).

6.5.4 Deben emplearse conductores separados de medición de corriente y de tensión para las tomas de tierra de impedancia baja.

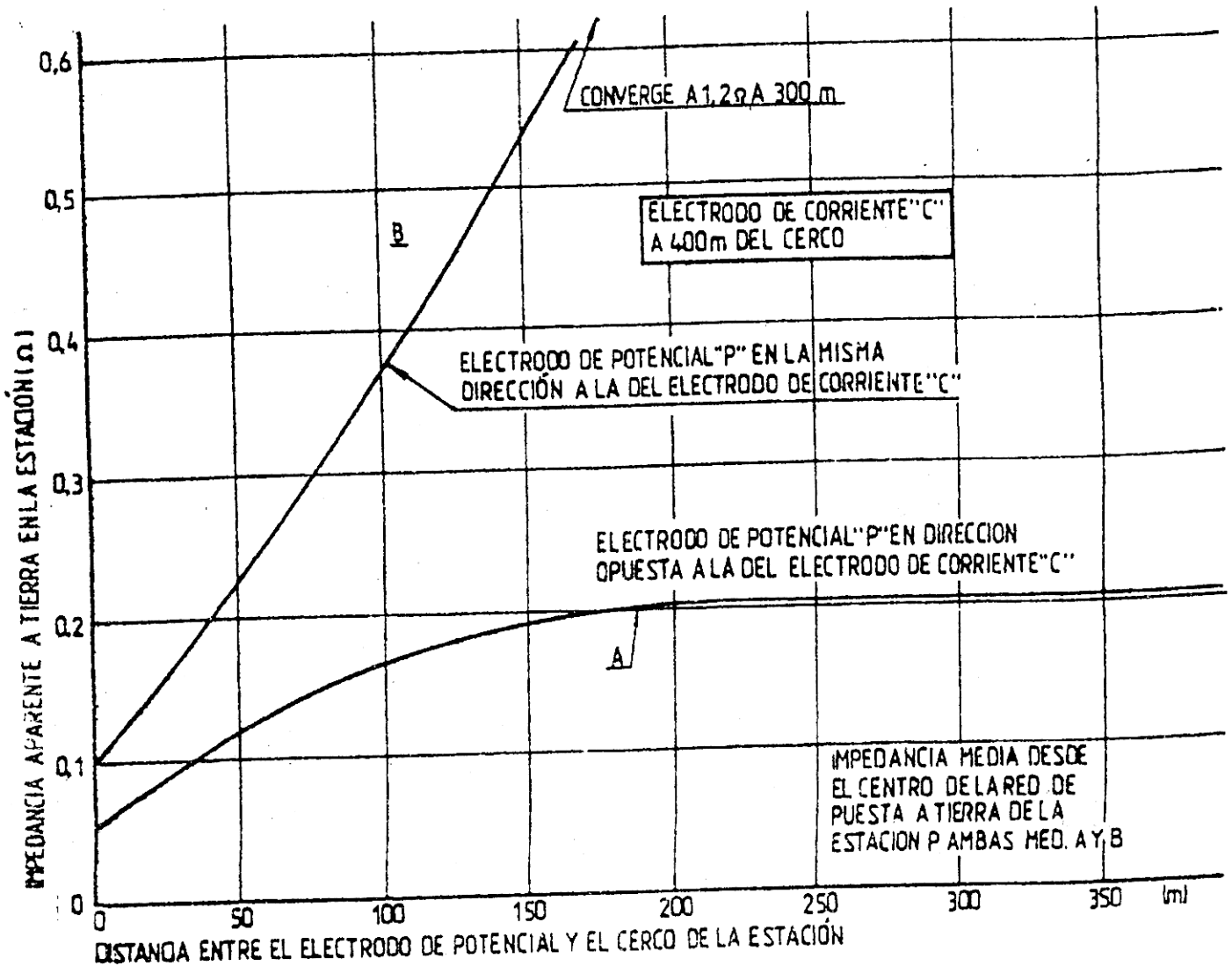


Figura 1

Toma de tierra de impedancia pequeña.



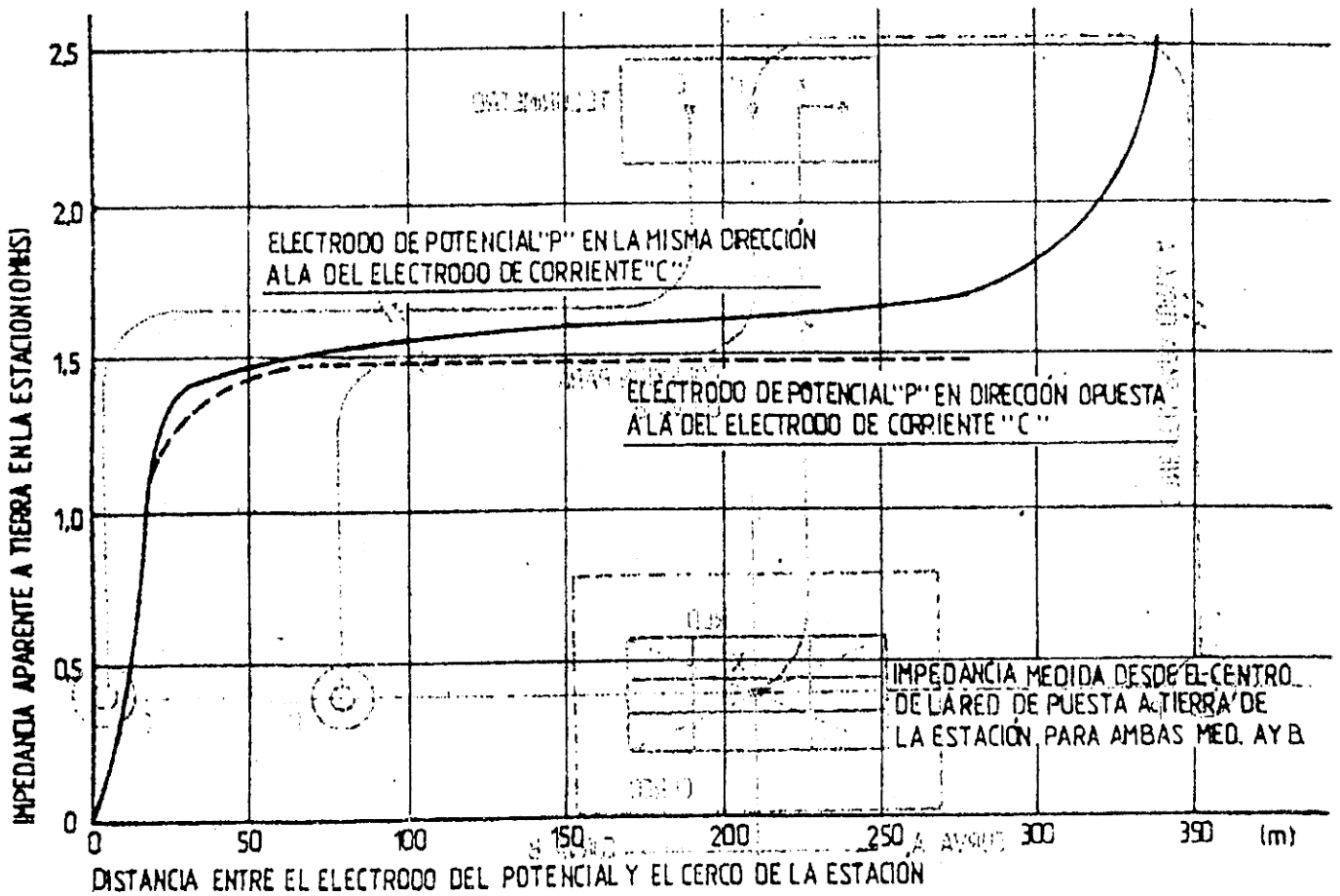


Figura 2

Toma de tierra de impedancia grande

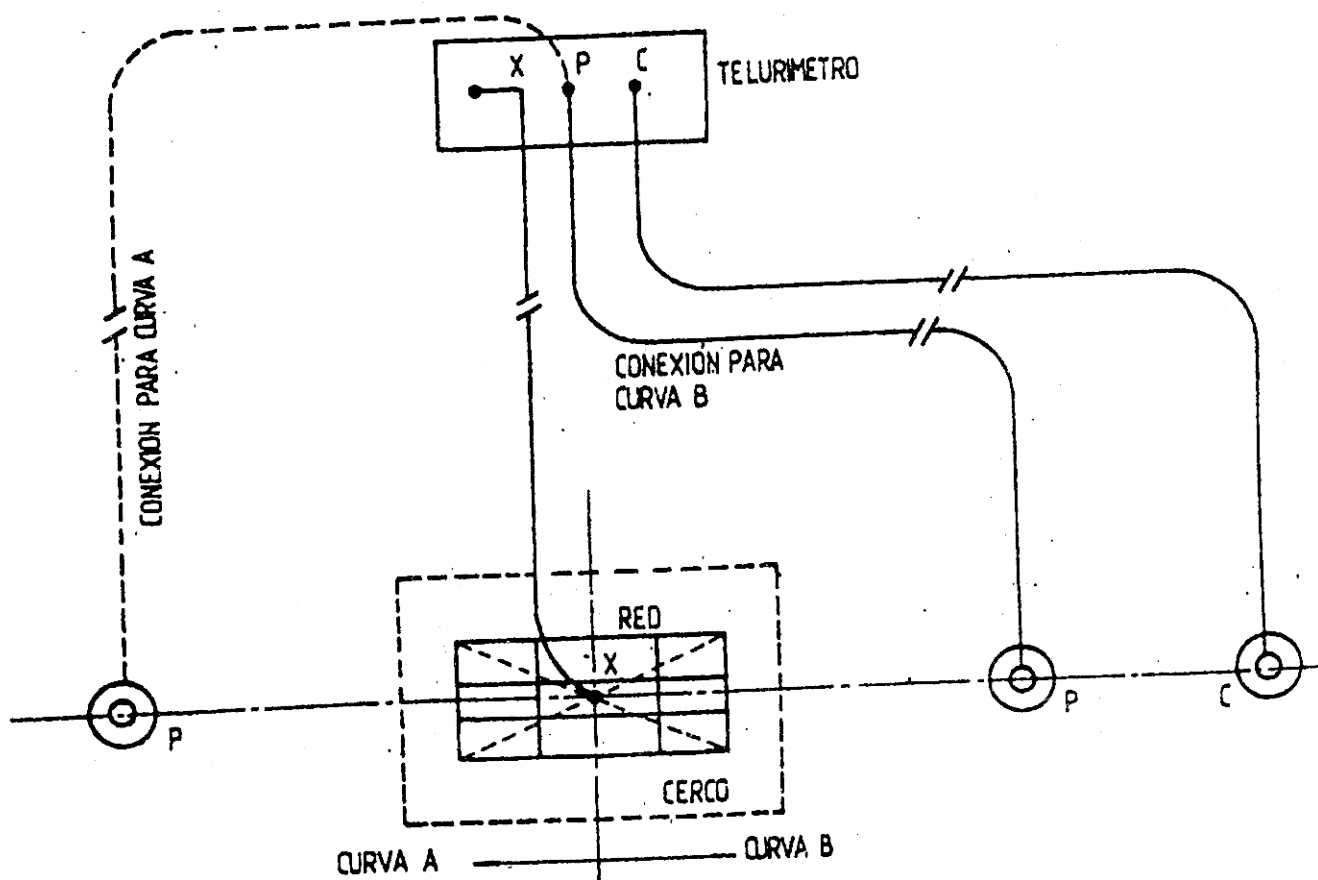


Figura 3

Conexiones del telurimetro que fueron realizadas para obtener las figuras 1 y 2.

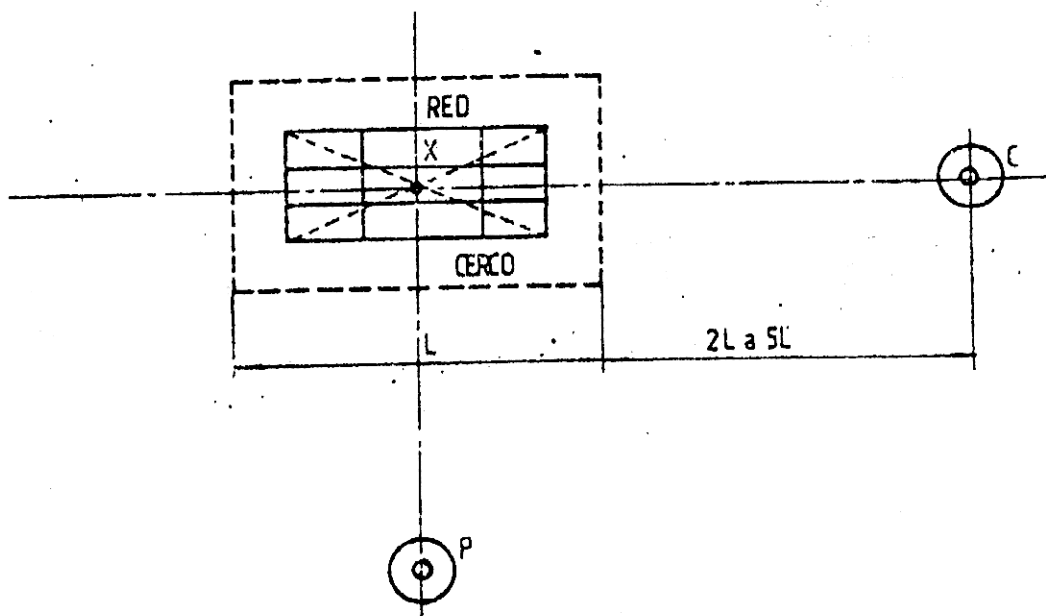


Figura 4

Conexiones de telumetro que pueden ser realizadas para obtener las figuras 1 y 2.



(Viene de página 2)

### ANTECEDENTES

Para el estudio de esta norma se han tenido en cuenta los antecedentes siguientes:

IEEE - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS

IEEE Std 81-1962 - Recommended Guide for Measuring Ground Resistance and Potential Gradients in the Earth.

VDE - VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER

VDE 0141/DIN 57 141 (1976), Cap. 7. - Bestimmung für Erdungen in Wechselstromanlagen für Nennspannungen über 1 kV.

### INFORME TÉCNICO

Se inició el estudio de esta norma a los efectos de poder contar con un documento que asista al ingeniero o técnico, a fin de obtener información precisa por medio de mediciones para la elaboración de estudio de sistemas de puesta a tierra.

En esta norma se tuvieron en cuenta antecedentes aportados por SADE, SEGBA y DIRECCION PROVINCIAL DE ENERGIA DE SANTA FE, quienes además contribuyeron con su experiencia y los resultados de estudios realizados en estas empresas para la confección de este documento.

No se consideró la descripción de instrumentos (pfo. 12.00 de IEEE Std. 81-1962) por entender que se excedía el alcance de esta norma de acuerdo con las prácticas en uso en la Argentina.

En el párrafo 5.3.4 (Método de caída de tensión) se introduce el término "impedancia" para poner de relieve que la caída de tensión se mide con una corriente suministrada por una fuente de c.a. Por lo tanto existe cierta componente reactiva debido a la inductancia del electrodo dispensor a medir y la de retorno de la corriente por el suelo. Si bien su influencia comienza a hacerse notable para  $R \leq 0,5$  ohm puede resultar crítica para valores de  $R \leq 0,2$  ohm, en cuyo caso puede ser necesario la medición en dos frecuencias para discriminar las componentes activas y reactivas, aspectos no contemplados en esta norma ya que son motivo de investigaciones especiales.



# MÁS DE 60 AÑOS, TODA UNA GARANTIA

IRAM - Instituto Argentino de Normalización es el organismo de normalización de la República Argentina reconocido en ese carácter por la Secretaría de Industria de la Nación

En tal sentido, es el responsable de la elaboración de normas técnicas.

Por derecho propio, es el representante argentino ante los foros de normalización internacionales y regionales, a saber :

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION  
 ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION  
 COPANT COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS.  
 CMN COMITÉ MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN

IRAM certifica calidad de productos a través de sus servicios: Sello IRAM de Conformidad con Norma IRAM, Marca IRAM de Seguridad, Certificación IRAM de Conformidad de la Fabricación, Servicio de Mantenimiento y Recarga de Matafuegos, Servicio de Revisión Periódica de Cilindros para Gases Industriales, Servicio de Revisión Periódica de Cilindros para GNC.

IRAM también tiene Sellos de Calidad en Medicamentos que certifican las Buenas Prácticas de Manufactura (GMP)

También realiza Certificación y Registro de Sistemas de Aseguramiento de la Calidad en base a las normas ISO de la Serie 9000

En este aspecto, IRAM esta acreditado por INMETRO de Brasil.

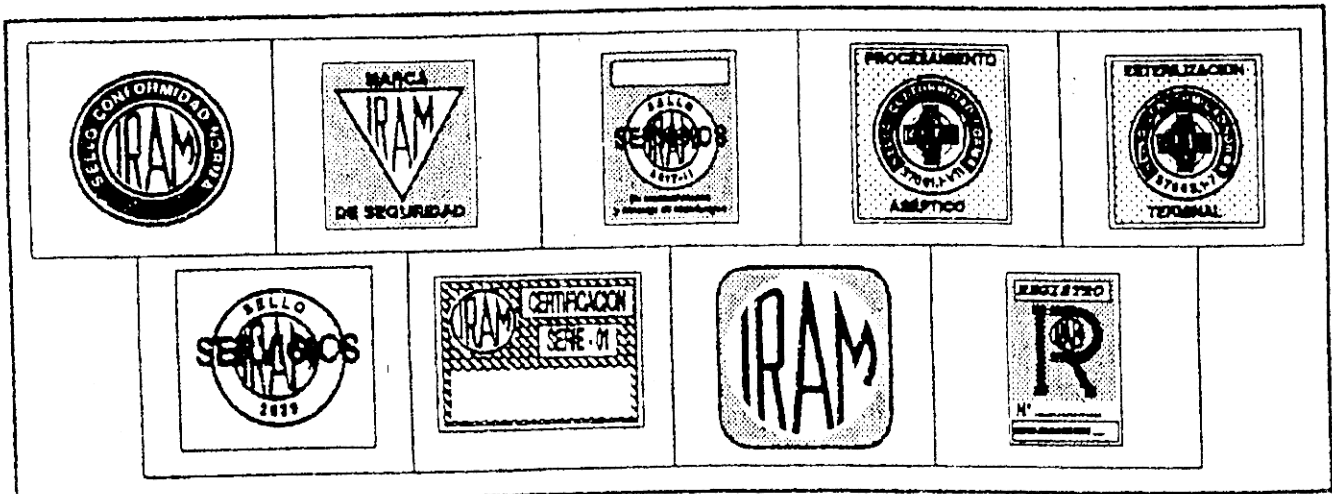
Dentro del país, IRAM tiene firmado convenios con varias entidades y, particularmente, con 35 Universidades, 30 de ellas nacionales y 5 privadas.

A nivel mundial, IRAM tiene firmado convenios de colaboración, reconocimiento y certificación conjunta con importantísimos organismos, a saber:

En América : BRASIL: Fundación Vanzolini; CANADÁ: Universidad del Québec, Consorcio Canadiense de Escuelas de Gestión, Comunidad Urbana de Montreal; COLOMBIA: ICONTEC; CHILE: INN; ESTADOS UNIDOS: DOT; REPÚBLICA DOMINICANA: DIGENOR; URUGUAY: UNIT; VENEZUELA: COVENIN Y FONDONORMA.

En Europa : ALEMANIA: DIN / DGWQ y DQS; ESPAÑA: AENOR; GRAN BRETAÑA: ASTA; ITALIA: UNI, CERMEC y IMQ; FRANCIA: AFNOR; SUIZA: SQS.

En Asia : MALASIA: SIRIM.



Chile 1192 (1098) Buenos Aires Tel: 383 - 7691 / 381 - 4576 / 381 - 9754 Fax: 383 - 8463.